

Zur Frage:

Woher nimmt die Pflanze ihren Stickstoff?

Eine Abhandlung

zur Erlangung der Würde

eines Magisters der Landwirthschaft

v e r f a s s t

von

Alexei Chlebodarow,

Candidaten der Landwirthschaft

aus St. Petersburg.

Dorpat 1855.

Druck von Heinrich Laakmann.

Der Druck dieser Abhandlung wird unter der Bedingung gestattet, dass nach dessen Beendigung die vorschriftmässige Anzahl von Exemplaren an die Censurbehörde abgegeben wird.

Dorpat, den 29. März 1855.

Dr. E. Grube,
d. Z. Decan der physiko-mathemat. Facultät.

D 16169

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Einleitung	1
Organische stickstoffhaltige Substanzen des Bodens	3
Salpetersäure und ihre Salze	4
Stickgas der Atmosphäre	8
Ammoniak	9
Ville's Versuche, angestellt in den Jahren 1849—1852 . .	13
Boussingault's Versuche, angestellt in den Jahren 1851—1853	17
Eigene Versuche, angestellt im Jahre 1852	22
Eigene Versuche, angestellt im Jahre 1853	29
Schlussfolgerungen	40
Beilage I., die von Boussingault im Jahre 1854 angestellten Versuche betreffend	42
Beilage II. (Zur Anmerkung auf S. 33)	44

VORWORT.

Seit dem Jahre 1852 mit der Lösung der Frage beschäftigt, von woher die Pflanzen den ihnen nöthigen Stickstoff nehmen, kann ich, trotz dem dass diese Frage nach meiner Meinung durch die vortreffliche Arbeit Boussingault's (mitgetheilt in „Annales de Chimie et de Physique, troisième série, Tome XLI, Mai 1854“) vollständig gelöst ist, doch nicht umhin, die Resultate meiner Untersuchungen zu veröffentlichen, da sie, wie mir scheint, geeignet sein dürften, die Nichtigkeit gewisser Einwendungen, welche man gegen die Arbeit Boussingault's im Schoosse der Pariser Academie erhoben hat, zu zeigen.

Zugleich benutze ich hiemit die Gelegenheit dem Herrn Prof. Petzholdt meinen aufrichtigen Dank abzustatten für

seine andauernden Bemühungen und Gefälligkeiten, mit welchen er mich bei den betreffenden Untersuchungen durch Rath und That unterstützte.

Wie ich denn auch nicht verfehle, den Leser um Nachsicht zu bitten, wenn er findet, dass meiner Abhandlung sprachlich mancher Fehler anhaftet; wage ich ja doch meinen ersten schriftstellerischen Versuch, und noch dazu in einer Sprache, welche nicht meine Muttersprache ist.

EINLEITUNG.

Die Frage, von woher die Pflanzen die zu ihrem Wachsthum nöthigen Stoffe nehmen, hat schon in den ältesten Zeiten das Interesse denkender Männer erregt, obschon die Beantwortung derselben bei dem Mangel gründlicher naturwissenschaftlicher Kenntnisse nirgends über die Grenze blosser Vermuthungen hinausging. Erst seit dem Anfange dieses Jahrhunderts, mit Ausbildung der Chemie als Wissenschaft und der von ihr abhängigen Agrikulturchemie, war es möglich eine genauere Einsicht in das Allgemeine des Vorganges der Pflanzenernährung zu gewinnen, zumal sich eine ganze Reihe von Gelehrten, deren Namen alle zukünftige Zeiten nennen werden, an den hier einschlagenden Arbeiten betheiligten.

Unter den Körpern, deren die Pflanze zur Bildung ihrer näheren Bestandtheile bedarf, haben ohne Zweifel diejenigen, welche die Hauptmasse der vegetabilischen Substanz zusammensetzen, also der Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und

Stickstoff die meiste Aufmerksamkeit erregt und sind Gegenstand der häufigsten Untersuchungen geworden; namentlich aber war das Interesse der Untersuchenden der Beantwortung der Frage zugelenkt, in welcher Form und Verbindung die Pflanzen ihre kohlenstoff-, wasserstoff-, sauerstoff- und stickstoffhaltigen Nahrungsmittel in sich aufnehmen.

Es bedurfte langer Zeit ehe man die Gewissheit erlangte, dass die Kohlensäure und das Wasser diejenigen Formen und Verbindungen seien, aus denen die Pflanzen ihren Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff schöpfen; die Frage jedoch, von wo sie den Stickstoff nehmen, obschon dieselbe nach unserem Dafürhalten bereits entschieden ist, bildet noch bis zur Stunde den Gegenstand lebhaften Streites.

Es sei uns verstattet, dass auch wir uns in diesen Streit einmengen und den Versuch wagen durch Nachstehendes auch bei Anderen dieselbe Ueberzeugung hervorzurufen, die wir in dieser Angelegenheit gewonnen haben.

Im Nachstehenden werden wir zu diesem Endzwecke, nachdem wir zuerst einen Blick auf die möglichen Quellen, aus denen verschiedenen Ansichten und Erfahrungen zu Folge der Stickstoff der Pflanzen geschöpft werden kann, geworfen, und die neuesten hier einschlagenden Arbeiten Anderer einer Kritik unterzogen haben, die Resultate unserer eigenen Versuche mittheilen und- daran diejenigen Bemerkungen knüpfen, welche sich aus diesen Versuchen für die Theorie wie für die Praxis der Landwirthschaft folgern lassen.

Der möglichen Quellen, aus denen die Pflanze den zu ihrer Ernährung nöthigen Stickstoff entnimmt, können aber nur viererlei sein; entweder sind es organische Substanzen, oder es ist die Salpetersäure und ihre Salze, oder es ist der freie Stickstoff der Atmosphäre, oder endlich das Am-

moniak. Denn nur diese vier ¹⁾ Kategorien von Körpern sind in der Umgebung der Pflanze vorhanden.

1) Organische stickstoffhaltige Substanzen des Bodens.

Indem wir die stickstoffhaltigen Substanzen des Bodens als eine mögliche Quelle für Stickstoffdarreichung an die Pflanzen in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen, so thun wir dieses lediglich der Vollständigkeit oder besser gesagt der Absonderlichkeit wegen, da die Annahme der Pflanzenernährung von dieser Seite nicht das Geringste für sich hat, aus dem einfachen Grunde, weil bis jetzt zwar stickstoffhaltige Substanzen aber keine im Wasser löslichen im Boden aufgefunden worden sind, löslich müssten sie jedoch sein um von den Pflanzen aufgenommen zu werden ²⁾.

Wäre aber auch das Vorhandensein einer solchen löslichen Substanz im Boden nachgewiesen, so könnte sie ja doch nur durch Verwesung organischer Ueberreste der

1) Wenn Dr. Knop in seiner Abhandlung: „Ueber das Verhalten einiger Wasserpflanzen zu Gasen“ (vergl. Erdmann's Journal für practische Chemie Bd. 59. S. 65 ff.) die Ernährung der Pflanzen ausser durch Ammoniak auch noch durch Stickstoffoxydul wahrscheinlich zu machen sucht, so wäre dieses freilich ein fünfter Körper, der als stickstoffdarreichend genannt werden müsste. Wir verzichten jedoch auf eine eingehende Kritik, und bemerken nur, dass uns diese Art der Pflanzenernährung keinesweges wahrscheinlich vorkommt, wie denn auch Dr. Knop unseres Wissens der Einzige ist, der bisher solche Behauptung aufstellte, und noch Niemand die Gegenwart von Stickstoffoxydul in der Umgebung der Pflanze nachgewiesen hat.

2) Die von Verdeil und Risler (vergl. deren Abhandlung: „über die Zusammensetzung der auflöselichen Bestandtheile, welche das Wasser der Ackererde entzieht,“ in Dingler's polytechnischem Journal. Bd. CXXVII. S. 388 ff.) beobachtete stickstoffhaltige lösliche Substanz, im Auszuge aus einer fruchtbaren Ackererde, wird wahrscheinlich mechanisch in unlöslichem Zustande durch das Filter gegangen sein, was bei der unvollkommenen Filtrirmethode, die sie anwendeten, sehr leicht geschehen konnte.

früher auf diesem Boden gewachsenen Pflanzen entstanden sein, welcher Umstand, wenigstens nach unserem Dafürhalten, ein vollgültiger Beweis ist, dass man in ihr kein Pflanzennahrungsmittel zu erkennen habe. Wir glauben nemlich an eine allgemeine Physiologie, das heisst an eine unveränderlich festgestellte Gesetzmässigkeit nach welcher die Pflanzen so wie jetzt, so auch zu allen Zeiten, seit Pflanzen aus der Hand des Schöpfers hervorgingen, ernährt werden. Dieser Gesetzmässigkeit zu Folge können dieselben Pflanzen, welche in dem einen Fall auf einem von organischen Stoffen völlig befreitem Boden zu wachsen, zu blühen und Früchte zu tragen vermochten, in einem anderen Falle unmöglich organischer Substanzen des Bodens zu ihrer Ernährung bedürfen. Und ebenso scheint uns die oft vorgebrachte Behauptung, dass die Pflanzen der organischen Stoffe des Bodens als Nahrungsmittel bedürfen, dadurch widerlegt, dass man nicht einsieht woher die organischen Substanzen des Bodens kommen sollten für die erstgeschaffenen Pflanzen. Haben damals die Gesetze der Pflanzenernährung vermocht Pflanzen wachsen zu lassen, ohne dass organische Substanzen im Boden waren, so wird es auch heut zu Tage möglich sein.

2) Salpetersäure und ihre Salze.

Hier sei es verstattet, ehe man zur Beantwortung der Frage, in wie fern die Salpetersäure bei der Ernährung der Pflanzen bethätigt ist, schreitet, in Kürze darzuthun, von wo der Gehalt des Bodens an Salpetersäure her stammt.

Die erste Salpetersäure mag in der Zeit der Erdbildung aus dem Stickstoff und Sauerstoff der Luft durch Vermittelung der Elektricität entstanden sein, was auch jetzt noch

fortwährend stattfindet und experimentell durch Cavendish nachgewiesen worden ist.

Eine andere sehr wichtige Quelle für die Erzeugung der Salpetersäure ist aber der künstlich eingeleitete Vorgang, welcher stattfindet, indem man thierische und vegetabilische Stoffe in Berührung mit stark basischen Körpern und porösen Substanzen, wie Sand, Kohle u. s. w. in Verwesung übergehen lässt, wobei aus dem zuerst entstehendem Ammoniak durch Oxydation Salpetersäure erzeugt wird, die sich sogleich mit Alkalien und alkalischen Erden zu salpetersauren Salzen verbindet. Ein Vorgang, welcher auch in der Natur ohne Zuthun des Menschen statt zu finden scheint, indem man die Bildung von Salpetersäure bei der Zersetzung gewisser Kalksteine, welche in der Regel genug organische Ueberreste enthalten, zu beobachten Gelegenheit hatte. Aus dem Gesagten folgt aber, dass wohl ohne Zweifel die Bildung der grössten Mengen von Salpetersäure an das Vorhandensein organischer und namentlich animalischer Substanzen gebunden ist; nun giebt es aber eine Menge von Bodenarten, die viel zu geringe Quantitäten von organischen Stoffen enthalten, als dass sich durch ihre Vermittelung hinreichende Mengen von Salpetersäure erzeugen könnten, dennoch aber Pflanzen zu ernähren im Stande sind. Auch enthält die gewöhnliche Ackerkrume in unseren Klimaten in verhältnismässig seltenen Fällen erhebliche Mengen von Salpetersäure, so dass schon daraus geschlossen werden kann, dass diese nicht zu den wesentlichen Bedingungen der Vegetation gehört, was doch der Fall sein müsste, wenn sie wirklich die Quelle des Stickstoffs in den Pflanzen sein sollte.

Die Ursache der günstigen Wirkung von Gewitterregen

und das üppige Gedeihen der Unkräuter auf Schutthaufen, in welchen beiden Momenten man mehrfach den Beweis zu erkennen glaubte, dass die Salpetersäure und ihre Salze den Pflanzen den nöthigen Stickstoff abzugeben vermöchten, kann auch in einer Menge anderer Umstände gesucht werden, so namentlich im zweiten Fall, wo die Bildung der Salpetersäure von der Gegenwart organischer (animalischer) Stoffe begleitet ist, welche in der Regel auch durch ihren Reichthum an Phosphorsäure und anderen für das Gedeihen der Pflanzen unentbehrlichen Aschenbestandtheilen sich auszeichnen; diese Aschenbestandtheile werden durch den Process der Fäulniss und Verwesung frei und für die Pflanzen assimilirbar gemacht.

Was endlich die Beobachtung anbetrifft, dass gewisse Pflanzen, wie *Chenopodium*, *Borago* und Andere, in ihren Zellen salpetersaure Salze enthalten, so ist es andererseits bekannt, dass dieselben, auch auf einem völlig salpeterlosen Boden gewachsen, dennoch Salpetersäure enthalten, was eben beweist, dass diese nicht als solche in die Pflanze aufgenommen worden, sondern erst später durch Umbildung aus anderen Stickstoffverbindungen in den Zellen entstanden ist.

Zwar hat man bei der Anwendung von salpetersauren Salzen als Dünger allerdings einen günstigen Erfolg auf den Gesammttertrag der Erndten beobachtet, es bleibt aber nachzuweisen ob dieser nicht von den Basen dieser Salze herrühre, welche Vermuthung um so mehr erlaubt sein wird, als ja ihr Einfluss am sichtbarsten sich bei Grasarten zeigte, bei Getreidearten aber, die einer grösseren Menge von Stickstoff zur Bildung ihrer Proteinsubstanzen bedürfen, ihre Wirksamkeit nur unbedeutend genannt werden muss.

Ja die Behauptung der praktischen Landwirthe, dass

beim Anbau von Sonnenblumen zum Zwecke der Oelgewinnung das Begiessen des Bodens mit salpetersaurem Kali den Oelgehalt der Körner vermehre, scheint (wenn überhaupt die Beobachtung richtig ist) vielmehr darauf hinzudeuten, dass die Ursache dieser Wirkung im Kali gesucht werden muss, da es ja bekannt ist, dass die Bildung der stickstofffreien Stoffe in den Gewächsen mit dem Reichthum des Düngers an Alkalien in einem gewissen Zusammenhange stehn.

Was ferner die Düngungsversuche mit salpetersauren Salzen (namentlich mit dem Chilisalpeter), wie sie von Kuhlmann¹⁾ und mehreren englischen und schottischen Landwirthen in der neueren Zeit²⁾ angestellt worden sind, betrifft, so beweisen sie durchaus nicht, dass Salpetersäure von den Pflanzen zur Bildung stickstoffhaltiger Bestandtheile assimiliert werde. Der in die Augen fallende Mehrertrag der Erndte bei Anwendung dieser Düngungsmittel kann seinen Grund in vermehrter Zufuhr von Alkalien, in der bodenaufschliessenden Kraft derselben, in der beständigen Erhaltung des Bodens im basischen Zustande (wie es Kuhlmann selbst zugiebt) und in einigen anderen Umständen gesucht werden. Ausserdem ist nirgends der Stickstoffgehalt der Erndte untersucht und nur der Gesammtertrag an trockener Substanz berücksichtigt worden. Auch scheint Kuhlmann selbst in diesen Versuchen Belege zu sehen für die günstige Wirkung der salpetersauren Salze, nicht aber für die Assimilirbarkeit der Salpetersäure durch Gewächse, denn er spricht sogar die Vermuthung aus, dass dieselbe im Boden

1) Vergl. Dingler's polytechn. Journ. Bd. XCI. S. 210 und Bd. CII. S. 393.

2) Vergl. Wolff, naturgesetzliche Grundlagen des Ackerbaues. Bd. II S. 146 und ff.

eine Umwandlung in Ammoniak erleide und erst in dieser Gestalt in die Pflanze übergehe.

Endlich hat sich bei den Versuchen Anderer herausgestellt, dass der Mehrertrag an Heu und Stroh nach der Düngung mit Chilisalpeter doppelt so viel Stickstoff enthielt als das angewendete Salz, was, (wenn auch diese Beobachtung Zweifel an ihrer Richtigkeit nicht zulassen sollte), ja augenscheinlich darauf hindeutet, dass der wirksame Theil desselben in hinzugebrachten Alkalien zu suchen ist.

3) Stickgas der Atmosphäre.

Berücksichtigt man, dass atmosphärische Luft und hiemit also auch das Stickgas derselben überall und in so grosser Menge in der Umgebung der Pflanzen sich befinden, so ist es ganz natürlich, dass man auf die Vermuthung kommen musste, dieser freie Stickgas sei eine Quelle zur Bildung der Proteinsubstanzen in den Pflanzen. Bis jetzt aber existiren keine direkten Beweise für die Assimilirbarkeit desselben ¹⁾, obwohl bis zu diesem Augenblick die Behauptung, dass das Stickgas der Atmosphäre zur Nahrung der Pflanzen diene, viele Anhänger gefunden hat.

Die ältesten, freilich mit nicht so zureichenden analytischen Hilfsmitteln, wie sie in der neuesten Zeit den Chemikern zu Gebote stehen, angestellten Versuche über diesen Gegenstand rühren von Priestley und Ingenhouss her; sie wurden von Saussure genau unter denselben Umständen wiederholt, wobei sich zeigte, dass der freie Stickstoff der

1) Die darauf bezüglichen Versuche von Ville und Boussingault sollen, des besseren Zusammenhanges wegen, später bei Besprechung des Ammoniaks betrachtet werden.

Atmosphäre, zumal wenn er im Wasser gelöst ist, durch die Pflanzen zwar aufgenommen, aber wieder ausgehaucht, folglich nicht assimilirt wird; ein Fingerzeig, dass die Pflanzen dieses Stickgases nicht bedürfen. Indessen ist auch auf diesen Gegenbeweis Saussure's kein zu grosses Gewicht zu legen, eben weil auch ihm nur unvollkommene analytische Hilfsmittel zur Hand waren.

Seine Assimilirbarkeit ist aber auch aus theoretischen Gründen höchst zweifelhaft, seit wir wissen, dass die Vegetabilien zu ihrer anderweitigen Ernährung nur zusammengesetzter Verbindungen sich bedienen.

Dieses Alles scheint mir hinreichend zu sein, um zu zeigen, dass das Stickgas der Atmosphäre sich bei dem Prozesse der Ernährung der Gewächse völlig indifferent verhalte.

Es bleibt also nur noch eine stickstoffhaltige Materie, die überall in der Umgebung der Pflanzen vorhanden ist, übrig, nämlich:

4) Ammoniak.

Die allgemeine Verbreitung des Ammoniaks, namentlich in Verbindung mit Kohlensäure, war schon lange bekannt, obwohl die quantitativen Bestimmungen des Gehalts der atmosphärischen Luft an diesem Stoffe erst der neuesten Zeit angehören ¹⁾. Alles Regen-, Fluss-, Quell- und Schneewasser so wie der Schnee ist ammoniakhaltig ²⁾ jeder Boden ent-

1) Die zuverlässigsten derartigen Bestimmungen, weil in grosser Zahl, mit grosser Genauigkeit und, was vor Allem wichtig ist, mit bedeutenden Quantitäten von Luft (mit 20, 30, und 55000 Liter) angestellt, rühren von Ville her; aus ihnen ergiebt sich, dass in einer Million Kilogrammen atmosphärischer Luft durchschnittlich 22,41 Grammen Ammoniak enthalten sind. Vergl. Comptes rendus der Pariser Academie 1852, Tome XXXV, pag. 467.

2) Die neuesten Bestimmungen des Ammoniakgehaltes im Regenwasser,

hält Ammoniak, obschon seine Mengen darin zwischen 0,170 und 0,0047 pC. schwanken können¹⁾. Dieser Ammoniakgehalt stammt von Verbrennungs- und Zersetzungsprocessen der thierischen und vegetabilischen stickstoffhaltigen Stoffe²⁾ her, und es müsste offenbar mit der Zeit eine bedeutende Anhäufung dieses Körpers 'in der Luft, im Wasser und im Boden stattgefunden haben, wenn es nicht irgend einen Naturprocess gäbe, welche einer solchen Anhäufung entgegenarbeitete. Dieser Naturvorgang kann aber kein anderer sein, als der Verbrauch des Ammoniaks bei der Pflanzenernährung.

Die Aufnahme desselben durch die Pflanzen wurde bereits von Saussure vermuthet, obschon er auch die animalischen und vegetabilischen Extracte gleichzeitig als wichtig für die Ernährung der Vegetabilien bezeichnete³⁾.

Auch Davy macht es wahrscheinlich dass Ammoniak

so wie in von Nebeln abgesetztem Wasser verdanken wir Boussingault; er fand in 1 Liter zu Paris gefallenen Regenwasser's im Durchschnitt etwas über 3 Milligrammen Ammoniak; fern von einer grossen Stadt aber (zu Liebfrauenberg) viel weniger, nemlich nur 0,34 Milligrammen auf 1 Liter. Ein aus Nebel zu Paris im Januar-Monat abgesetztes Wasser enthielt in 1 Liter 0,138 Grammen; ein aus Nebel, welcher vom 14. bis 16. November 1853 ohne Unterbrechung im Rheinthale herrschte, abgesetztes Wasser ergab ein Gehalt von 0,050 Grammen Ammoniak in 1 Liter Wasser. (Vergl. Comptes rendus 1854 Tome XXXVIII pag. 249 ff.

1) Man vergleiche die Tabelle über den Ammoniakgehalt des Ackerbodens von Dr. Krocke in Liebig's Chemie in Anwendung auf Agricultur. 1846. S. 368.

2) Nach Mulder sollen auch die stickstofffreien Pflanzenstoffe unter Mitwirkung von Luft und Wasser Ammoniakverbindungen liefern können.

3) Die betreffende Stelle findet sich in Saussure's berühmten Werke (*Recherches chimiques sur la végétation*, Paris 1804) und lautet S. 207 folgendermassen: „si l'azote est un être simple, s'il n'est pas un élément de l'eau, on doit être forcé de reconnaître que les plantes ne se l'assimilent que dans les extraits végétaux et animaux et dans les vapeurs ammoniacales, ou d'autres composés solubles dans l'eau qu'elles peuvent absorber dans le sol et dans l'atmosphère.“

ein Nahrungsmittel für Pflanzen sei, während er dem Stickstoff der Atmosphäre keine Bedeutung als pflanzenernährende Substanz beizulegen scheint ¹⁾. Erst Liebig spricht sich entschieden für Ammoniak aus ²⁾ und bezeichnet diesen als die einzige Stickstoffquelle der Gewächse. Wie dieser Stoff in dieselben gelange, ob durch die Blätter oder durch die Wurzel oder durch beide, ist bis jetzt noch nicht nachgewiesen, wäre aber auch für den vorliegenden Fall ziemlich gleichgültig ³⁾.

Die Aufnahme von Ammoniak ist jedoch von Liebig nur aus theoretischen Betrachtungen gefolgert; es finden sich bei ihm keine experimentelle Beweise für diese Behauptung.

Boussingault war es endlich, welcher durch directe Beobachtungen diese Frage zu lösen versuchte. Er liess junge Pflanzen von Hafer, Weizen, Klee und Erbsen, deren Stickstoffgehalt er vor dem Versuche auf sehr sinnreiche

1) So liest man bei Davy (Elements of agricultural chemistry etc. New-York 1815) Seite 189: „the effects of azote in vegetation are not distinctly known. As it is found in some of the products of vegetation, it may be absorbed by certain plants from the atmosphere. for the elements most abundant on the solid surface of the globe, are not those which are the most essential of the existence of the living beings belonging to it.“ Ferner S. 206: „when glutenous and albuminous substances exist in plants, the azote they contain may be suspected to be derived from the atmosphere, but no experiments have been made which prove this.“ Und endlich S. 270 „. . . carbonic acid with some ammonia; and both these, if retained by the moisture in the soil, as has been stated before, are capable of becoming an useful nourishment of plants.“

2) Vergl. Liebig die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur etc. 1846. S. 62.

3) Die Resultate der von Magnus (vergl. Lengerke's Annalen der Landwirthschaft, Berlin 1851, Bd. XVIII. S. 21) angestellten Versuche scheinen wohl zu zeigen, dass diese Aufnahme vermittelst der Blätter geschehen kann, obschon auf der anderen Seite auch angenommen werden kann, dass in diesen Versuchen das bei der Zersetzung des Düngers sich entwickelnde Ammoniak von der porösen Substanz des Bodens absorbiert wurde und so im Wasser gelöst in den Bereich der Pflanzenwurzeln gelangte.

Weise ermittelte, in einem von organischem Stoffen durch Ausglühen völlig befreiten Boden wachsen und beobachtete nach Beendigung des Versuchs bei den beiden zuletzt genannten Pflanzen eine beträchtliche Zunahme an Stickstoff, nicht aber bei Hafer und Weizen, deren Stickstoff derselbe geblieben war. Da nun diese Versuchspflanzen in ihrer Umgebung nur Stickgas und Ammoniak der Luft hatten, Boussingault aber annahm, dass die Unfähigkeit des Stickgases, von den Vegetabilien assimilirt zu werden, schon von Saussure ausser Zweifel gesetzt worden sei, so schloss er aus seinen Versuchen, dass dieser Ueberschuss an Stickstoff in der Erndte aus ammoniakalischen Dünsten der Atmosphäre herrühren möge ¹⁾.

Während es sonach den Anschein hatte, als sei durch Boussingault wenigstens für gewisse Categorien von Pflanzen ihre Ernährung durch Ammoniak dargethan ²⁾, die Fähigkeit des Stickgases dagegen, Pflanzen zu ernähren, für immer zurückgewiesen; erregte es nicht geringes Aufsehen, diesen letzteren Umstand abermals und zwar auf Grund sehr ausgedehnter Versuche in Frage gestellt zu sehen.

1) Vergl. Boussingault die Landwirthschaft u. s. w., deutsch von Gräber, 2te Auflage, Halle 1851, wo diese Versuche (Bd. I. S. 44 und ff.) ausführlich mitgetheilt werden.

2) Wir müssen gestehen, dass uns der Umstand, dass Klee und Erbsen anderen Gesetzen der Ernährung folgen sollten, als Hafer und Weizen, gegen die Richtigkeit der Arbeit Boussingault's schon damals, als wir zuerst Kenntniss davon nahmen, sehr misstrauisch machte, und hofften, dass es späteren Bearbeitern dieser wichtigen Frage jedenfalls gelingen werde, etwaige Fehlerquellen dieser Arbeit aufzufinden. Ob es uns selbst geglückt ist, dieses Räthsel zu lösen, wird sich weiter unten finden, wenn wir zur Schilderung unserer eigenen Versuche kommen. Auch hat Boussingault selbst schon das Unzureichende dieser seiner älteren Versuche anerkannt, worüber wir ebenfalls später das Weitere berichten werden.

Ville's Versuche

(angestellt in den Jahren 1849 — 1852).

Im Monat October und November legte Georges Ville der Pariser Academie zwei Abhandlungen vor, in deren ersteren er beweist, dass der Stickstoff der atmosphärischen Luft assimilirt wird, während er in der zweiten darthut, dass auch das Ammoniak zur Ernährung verbraucht werde, also in Summa, dass beide Körper als Pflanzennahrungsmittel angesehen werden müssen ¹⁾.

Im Hinblick auf die Wichtigkeit dieser Versuche Ville's, sei es erlaubt etwas näher auf dieselben einzugehen, um so mehr, als sich dabei ausreichende Gelegenheit finden wird, unsere Bedenken dagegen auszusprechen.

Ville analysirte zuerst die atmosphärische Luft und bestimmte ihren Gehalt an Ammoniak, wobei sich zeigte, dass die Quantität desselben eine sehr geringe sei, (weiter oben ist bereits das Resultat dieser Versuche mitgetheilt worden). Aus dieser geringen Menge glaubt er nun schon *a priori* auf die Nothwendigkeit der Existenz einer anderen Quelle für den Stickstoff der Gewächse schliessen zu müssen und bezeichnet als solche das freie Stickgas der atmosphärischen Luft. Um dieses darzuthun liess er Pflanzen in einem Boden, bestehend aus weissem Sande, unter einem Glaskasten,

1) Die aus seinen Versuchen gefolgerten Schlüsse formulirt Ville folgendermassen: „l'azote de l'aire est absorbé par les plantes et sert à leur nutrition, et les céréales ne font pas exception sous ce rapport“ (in der ersten Abhandlung), und ferner: „l'ammoniaque ajoutée à l'air produit deux effets sur la vegetation :

1) elle favorise l'accroissement des plantes,

2) elle rend leurs produits plus azotés

(in der zweiten Abhandlung.)

dessen Luftinhalt durch einen Aspirator erneuert wurde, wachsen; als Dünger diente Asche von denselben Pflanzen; auch war für einen entsprechenden Zusatz von Kohlensäure gesorgt.

Im Jahre 1849 betrug die mit der atmosphärischen Luft in den Glaskasten eingeführte Quantität Ammoniak 0,00125 gr.; der Stickstoff der Erndte ergab aber nach Abzug des in der Aussaat enthaltenen Stickstoffs 0,104 grm.

Dasselbe zeigte sich im Jahre 1850; die durch den Glaskasten durchgestrichene Luft brachte 0,0021 grm. Ammoniak mit sich, die geernteten Pflanzen hatten aber 1,186 gr. Stickstoff assimiliert, ebenfalls nach Abzug des Stickstoffgehaltes der Aussaat.

Wo kam dieser Gehalt an Stickstoff her? Nach Ville muss es die Atmosphäre gewesen sein, die ihren freien Stickstoff den Pflanzen zur Bildung ihrer Proteinsubstanzen gegeben hatte.

In einer zweiten Reihe von Versuchen, welche derselbe Chemiker im Jahre 1851 angestellt hat, erhielten die Pflanzen mittelst Aspiratoren eine Luft, die vorher durch mit Schwefelsäure angefeuchteten Bimsstein streichen musste, zu denselben also völlig ammoniakfrei gelangte. Auch unter diesen Umständen wuchsen sie, blühten und trugen Früchte. Der Stickstoff der Erndte übertraf den der Samen, wie die Analyse zeigte, um 0,481 grm. Die zum Versuche verwendeten Pflanzen waren Sonnenblumen und Tabakspflanzen.

Ein im Jahre 1852 in derselben Weise mit Weizen angestellter Versuch zeigte dasselbe Resultat; die Pflanzen blühten und setzten Körner an, deren Stickstoff um 0,036 grm. grösser als der des ausgesäeten Saamens war.

Gleichzeitig wurden von ihm Versuche angestellt, um

über den Einfluss, welchen der atmosphärischen Luft beigemengte Ammoniakdämpfe auf die Pflanzen ausüben, Aufschluss zu erhalten.

Die von Ville aus seinen Beobachtungen gezogenen Schlüsse sind schon weiter oben mit Ville's eigenen Worten angeführt worden, und es erhellt aus ihnen klar, dass Ville zu denjenigen Gelehrten gehört, nach deren Meinung sowohl der freie Stickstoff der Atmosphäre, als wie das Ammoniak diejenigen Körper sind, aus denen die Pflanzen ihre Protein-substanzen bilden ¹⁾.

Und allerdings lässt sich gegen die Richtigkeit solcher Schlussfolgerungen, dass auch der Stickstoff der Atmosphäre assimiliert werde, nichts einwenden, wenn Ville's Voraussetzungen richtig sind: dass nemlich der Gehalt der Luft an Ammoniak eben der in Rechnung genommene, nicht aber ein grösserer gewesen; dass ferner in den im Jahre 1851 und 1852 angestellten Versuchen die Luft absolut frei von Ammoniak gewesen sei; dass endlich in dem zum Versuche verwendeten Material (als da sind Geräthschaften, Sand, Töpfe u. s. w.) keine Quelle erkannt werden dürfe, aus welcher den Versuchspflanzen Ammoniak zugeführt werden konnte.

Nun ist aber aus der Beschreibung der Versuche, wie sie leider nur im Auszuge in den Comptes rendus der

1) In einem spätern der Pariser Academie eingereichten Memoir scheint Ville merkwürdiger Weise einen Theil dessen, was er selbst aus früheren Versuchen folgerte, vergessen zu haben. Denn während er, wie weiter oben gezeigt ward, neben dem Stickstoff der Luft auch dem Ammoniak seine Wirksamkeit nicht absprach, so heisst es doch später: „Ainsi tout le monde convient que les plantes tirent une partie de leur azote de l'air, mais les uns attribuent l'origine de cet azote à l'ammoniaque de l'air, et les autres à l'azote lui-même. Cette dernière opinion est celle que je soutiens.“ (Vergl. Comptes rendus etc. Tome XXXVIII. S. 706.)

Pariser Academie mitgetheilt ist ¹⁾, nicht zu ersehen, ob Ville vor der Anstellung des Experiments seinen Boden zur Entfernung aller organischen Substanzen und namentlich der selbst in jedem Sandboden enthaltenen Ammoniaksalze ²⁾ ausgeglüht hat oder nicht, und selbst wenn dieses geschehen wäre (wie allerdings, dass es geschehen, aus einer beiläufigen Bemerkung in einem spätern Memoir Ville's hervor-geht, wo er von *sable calciné* spricht) so könnte ja dieser Sand nach dem Ausglühen aus der Luft beim Abkühlen wieder Ammoniak angezogen haben. Das Gleiche gilt in Betreff der angewendeten Töpfe (*pots*), die offenbar aus gebranntem Thon gearbeitet waren, da Ville auf ihre Porosität beim späteren Bewässern der Versuchspflanzen stark rechnete. Auch in Betreff ihrer wird nicht gesagt, ob sie vor dem Versuch geglüht worden seien und ob man, selbst wenn sie geglüht worden wären, zu verhindern suchte, dass sie Ammoniak aus der Atmosphäre wieder anzogen. Dass eine solche Absorption von Gasen durch poröse Körper leicht stattfinden kann, ist bekannt und durch Versuche von Faraday behufs der Erklärung der Bildung von Ammoniak bei Zersetzung stickstofffreier organischer Substanzen hinreichend bestätigt. Ferner entsteht der Zweifel, ob so grosse Glaskästen, wie sie zu den Versuchen angewendet worden sind, wirklich während der ganzen Dauer des Ver-

1) Vergl. *Recherches expérimentales sur la végétation*, par M. G. Ville (Extrait par l'auteur) in den *Comptes rendus etc.* Tome XXXV. S. 464 ff. und 650 ff. In den Besitz der Ville'schen Schrift: *Recherches expérimentales sur la végétation* par Georges Ville, Paris, chez Victor Masson, in 4to, konnten wir, unserer Bemühungen ungeachtet, bis jetzt nicht gelangen.

2) Nach einer Analyse von Dr. Krocke enthält ein fast reiner Sand 0,031 % Ammoniak; in einem sandigen nie bebauten Boden waren 0,096 %, in einem anderen 0,056 % Ammoniak enthalten. Vergl. Liebig's *Chemie in Anwendung auf Agricultur* u. s. w. 6te Aufl. S. 368.

solches völlig luftdicht erhalten und also die Diffusion atmosphärischen Ammoniak's völlig ausgeschlossen werden konnte. Ein Zweifel, welcher um so gerechtfertigter erscheint, wenn man einen Blick auf die Construction der Apparate wirft ¹⁾. Die Glaskasten waren nämlich, wie es auch nicht wohl anders möglich war, aus mehreren Glasscheiben zusammengesetzt. Da diese Versuche in der freien Luft angestellt wurden, so muss auch die Veränderung der Temperatur auf die Ausdehnung so verschiedener Materialien wie Gusseisen, Glas und Holz grossen Einfluss ausgeübt haben, wodurch die luftdichte Beschaffenheit, wenn sie auch Anfangs vorhanden sein mochte, jedenfalls verloren ging. Das Angeführte wird hinreichen zu zeigen, was für Fehlerquellen bei den Versuchen Ville's nicht bloß vorhanden sein konnten, sondern vorhanden sein mussten.

Aehnliche Betrachtungen mögen wohl auch Boussingault bestimmt haben, weshalb sich dieser Gelehrte nach der Veröffentlichung der Ville'schen Beobachtungen zu einer abermaligen experimentellen Prüfung der Frage, ob auch der freie Stickstoff der Atmosphäre assimilirt werden könne, entschloss. Es sei erlaubt, die Resultate dieser neuesten Versuche Boussingault's in Kürze darzulegen.

Boussingault's Versuche²⁾

(angestellt in den Jahren 1851, 1852, 1853).

Dieser Gelehrte bediente sich zu seinen Versuchen während der beiden ersten Jahre folgenden Apparates.

1) In Ermangelung einer besseren Quelle können wir leider nur auf die in „L'illustration Nr. 503, Octbr. 16, 1852“ gegebene Abbildung des Ville'schen Apparates verweisen.

2) Diese Versuche wurden mitgetheilt in Annales de Chimie et de Phy-

Der zu den Versuchen verwendete Boden war ein künstlich aus geglühtem (während des Abkühlens vor dem Luftzutritt geschützten) Bimsstein hergestellter, mit der Asche von Stallmist und der betreffenden Pflanzenasche gedüngt. Dieser Boden ward von einem unten durchlöcherten (ebenfalls geglühten und während des Abkühlens vor dem Luftzutritt geschützt) Schmelztiegel aufgenommen, welcher seinerseits in einer destillirten Wasser enthaltenden Glasschale stand. Das Ganze ward zur Abhaltung der äusseren Atmosphäre mit einer Glasglocke überdeckt, welche mit ihrem unteren Rande in verdünnte Schwefelsäure eintauchte, um das Eindringen atmosphärischen Ammoniak's durch Diffusion zu verhüten. Durch zwei in die Glocke eingeführte gekrümmte und zu verschliessende Glasröhren war es möglich, nach Befinden sowohl mit destillirtem Wasser von neuem zu begiessen als auch Kohlensäure zuzuführen.

Im Jahre 1853 jedoch änderte er den Apparat dahin ab, dass er den Bimssteinboden unmittelbar auf den Boden grosser 70—80 Liter haltenden Glasballons in Gestalt eines konischen Häufchens aufschüttete, das zum Wässern nöthige destillirte Wasser ein für allemal hinzugab, in die Spitze des Bimssteinhaufens die Saamen einbrachte, hierauf einen kleineren Glasballon mit Kohlensäure gefüllt über der Oeffnung des grossen Ballons befestigte, (wodurch die in dem Apparate eingeschlossene Luft einen circa 7 bis 8 pC. betragenden Gehalt an Kohlensäure empfing), und nun das Ganze luftdicht verschloss. Offenbar gewann Boussingault dadurch einen Apparat, welcher manche mögliche Fehlerquelle

sique (Mailheft 1854 S. 1—60); ein Auszug dieser Abhandlung ward jedoch schon einige Wochen früher der Pariser Academie am 29. März 1854 vorgelegt und durch die Comptes rendus veröffentlicht.

des erst beschriebenen ausschloss und das ganze Experiment weit einfacher und sicherer machte ¹⁾).

In diese Apparate wurden nun die Saamen verschiedener Pflanzen, nämlich Zwergbohnen (*haricot nain*), Bohnen (*haricot flageolet*), Hafer, Lupinen und Gartenkresse eingesät, und der Stickstoffgehalt der späteren Erndte unter Abzug des vorher bestimmten der angewendeten Saamen, mit Berücksichtigung etwaiger Rückstände der Erndte im Boden, so wie etwaiger den Schmelztiegeln anhängender stickstoffhaltiger Substanzen, ermittelt.

Beispielsweise führen wir von den 14 Versuchen, welche während der genannten 3 Jahre von Boussingault angestellt wurden, den ersten an:

Stickstoffgehalt der ausgesäeten Saamen	0,0349 grm.	0,0349 grm.
Stickstoffgehalt der geernteten Pflanzen	0,0290 grm.	} 0,0340 grm.
Stickstoffrückstände im Bimssteinboden	0,0033 grm.	
Stickstoffrückstände im Schmelztiegel	0,0017 grm.	
also ein Verlust von Stickstoff		0,0009 grm.

Da dergleichen Verluste oder respective Ueberschüsse selbst bei den besten Analysen vorkommen, und man dieselben unvermeidlichen Arbeitsfehlern zuzuschreiben hat, so können sie auch natürlich keine weitere Bedeutung haben, als dass sie eben von zu übersehenden Fehlern zeugen ²⁾).

1) Man vergleiche das Lob, welches Dumas diesem Apparat vor der Pariser Academie zollte: „l'Academie comprend qu'a l'aide de l'appareil si simple, si ingénieux dont M. Boussingault vient d'enrichir le laboratoire du physiologist, tous les problèmes relatifs à l'utilité des azotes etc. peuvent désormais être abordés et résolus par notre savant confrère.“ (Comptes rendus, Tome XXXVIII, S. 607.)

2) Bei den 14 Untersuchungen Boussingault's wurde einmal genau dieselbe Menge Stickstoff, welche in den Saamen enthalten war, in der Erndte und den Erndterückständen u. s. w. wiedergefunden; 10 mal fand man weniger in der Erndte als im Saamen; 3 mal fand man mehr; immer aber nur innerhalb der Grenzen von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern.

Jedenfalls folgt aus dem mitgetheilten Versuche, dass ein Aufnehmen von Stickgas der Atmosphäre während der Vegetation der Versuchspflanzen nicht statt hatte; ein Resultat, was in gleicher Weise aus allen übrigen 13 Versuchen Boussingault's mit Sicherheit hervorgeht.

Gegen diese neuesten Versuche Boussingault's glaubt aber Ville einwenden zu müssen, dass die Pflanzen deswegen kein Stickgas assimilirt haben, weil die Bedingungen, unter denen ihre Organe sämmtliche für das normale Gedeihen unentbehrliche Functionen ausüben können, nicht erfüllt waren ¹⁾. Als einen der wichtigsten dieser abnormen Umstände bezeichnet Ville den, dass die Pflanzen in einem abgeschlossenen Raume ohne allen Luftwechsel wuchsen, wodurch das Verdunsten des Wassers durch die Blätter gehemmt war, so dass nothwendiger Weise eine Störung in der Circulation der Säfte entstanden sei.

Diese Einwendung, so viel sie auch scheinbar für sich hat, ist jedoch nach unserer Meinung durchaus unhaltbar. Denn abgesehen davon, dass bei den verschiedenen äusseren Temperatureinflüssen, denen die Apparate während mehrmonatlicher Dauer des Versuches Tag und Nacht ausgesetzt waren, ein fortwährendes Verdunsten und wieder Niederschlagen von Wasser stattfinden musste (wie jeder Gärtner weiss, der Pflanzen unter Glasglocken zieht); so wird die Unhaltbarkeit der Ville'schen Einwendung noch insbesondere durch die beiden letzteren Versuche Boussingault's dargethan.

In diesen beiden Fällen legte nämlich Boussingault, ausser den zum Keimen und Hervorbringen von Pflanzen be-

1) Vergl. *Absorption de l'azote de l'air par les plantes*, par G. Ville; in den *Comtes rendus* Tome XXXVIII. S. 705 ff. und 723 ff.

stimmten Saamen, noch Saamen, deren Keimfähigkeit durch Eintauchen in kochendes Wasser zerstört worden war, in den Bimsteinboden ein. Diese letzteren waren somit der Fäulniss und Verwesung anheimgegeben und mussten eine Quelle für sich bildendes Ammoniak darstellen, welches den wachsenden Pflanzen zu ihrer Ernährung verfügbar war, wobei es ganz gleichgültig erscheint, ob man annehmen will, dass das so gebildete Ammoniak der Luft des Ballons sich beimischte oder dem Bimsteinboden eingemengt verblieb, ob es also von den Blättern oder von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen ward. Wären nun in der That die Bedingungen, unter denen die wachsenden Pflanzen die stickstoffhaltigen Nahrungsmittel ihrer Umgebung assimiliren, bei den Boussingault'schen Versuchen so ungünstig gewesen, wie Ville annimmt, so hätte offenbar bei der späteren Untersuchung der geernteten Pflanzen nicht mehr Stickstoff gefunden werden dürfen, als in den Saamen enthalten war, aus denen sie hervorsprossen. Allein das war keinesweges der Fall; vielmehr erwies die Untersuchung, dass die Pflanzen grössere Mengen von Stickstoff assimilirt hatten, als ihnen durch ihre eigene Saamen geboten ward; und dass dieses Plus von Stickstoff nur von den abgestorbenen mit ausgesäeten Saamen, nicht aber von dem Stickgas der Atmosphäre herrührte, bedarf wohl, in Hinblick auf das Resultat der übrigen Versuche Boussingault's, keiner weiteren Bemerkung.

Nichts desto weniger hat sich aber doch Boussingault durch Ville's Bedenken bewegen lassen, neue Versuche anzustellen, wie wir aus einer brieflichen Mittheilung dieses ausgezeichneten Gelehrten an die Pariser Academie vom 3. Juli 1854 ersehen; allein bis jetzt ist über das Resultat

derselben noch nichts veröffentlicht; eben so hat die genannte Academie aus ihrer Mitte eine Anzahl von Männern zu einer Commission erwählt, welche neue Versuche Ville's überwachen und prüfen sollen; allein auch von dieser Seite her hat bis jetzt noch nichts verlautet.

Es kann daher bei solcher von verschiedenen Seiten her stattfindenden Regsamkeit nicht fehlen, dass man die Wahrheit finden und die in Frage stehende Angelegenheit ausser allen und jeden Zweifel setzen werde. Was uns jedoch anlangt, so haben uns die in den Jahren 1851—53 angestellten Versuche Boussingault's vollkommen überzeugt, dass der freie Stickstoff der Atmosphäre nicht assimiliert werden kann. Es bleibt also nichts übrig als die Annahme, dass das Ammoniak die gesuchte Stickstoffquelle für die Pflanzen sei, und wir hoffen, dass durch Mittheilung unserer eigenen Versuche diese Annahme, zu welcher man ohnediess aus Mangel einer andern bekannten Stickstoffquelle unwiderstehlich hingedrängt wird, ihre experimentelle Begründung finden werde.

Eigene Versuche

(angestellt im Jahre 1852).

Bei diesen Versuchen ging man von folgenden Voraussetzungen aus:

a) Wenn die Pflanzen den ihnen nöthigen Stickstoff aus dem Stickgas der atmosphärischen Luft entlehnen, so wird es von keiner Wirkung auf Hervorbringung grösserer Mengen von Proteinsubstanzen in den Erndten sein, wenn man den Pflanzen eine mit grössern Mengen

von dampfförmigem kohlensauren Ammoniak versehene atmosphärische Luft darbietet, oder wenn man den Pflanzen grössere Mengen von kohlensaurem Ammoniak im Wasser gelöst zuführt, indem man sie damit begiesst.

b) Wenn die Pflanzen den ihnen nöthigen Stickstoff aus dem in der atmosphärischen Luft enthaltenen Ammoniak, oder überhaupt aus Ammoniak (gleichgültig ob in der Luft oder im Boden vorhanden) entnehmen, so muss das gleiche unter *a* angegebene Verfahren von bestimmt nachweisbarer Wirkung auf Hervorbringung grösserer Mengen von Proteinsubstanzen in der Erndte sein.

Die Versuche selbst wurden in folgender Weise angestellt.

Man nahm zum künstlichen Boden einen gelben Sand und erhitzte denselben, um organische Substanzen und die möglichenfalls in demselben enthaltenen Ammoniaksalze zu entfernen, bis zum Rothglühen. Diesem unfruchtbaren Boden wurde Asche von verbrannten Körnern und Stroh der Gerstenpflanzen zugesetzt ¹⁾.

Darauf wurde eine grössere Partie Gerstenkörner von möglichst gleichmässigem Aussehen zwischen befeuchteter Leinwand zum Keimen gebracht und in sechs gleich grosse

1) Es zeigte sich, dass sich die eingelegten Saamen in diesem Boden gar nicht entwickelten und man erkannte als Ursache, dass der Gehalt dieses Bodens an löslichen Bestandtheilen, wegen zu viel hinzugefügter Asche, zu gross war. Es wurde daher ein Auswaschen der letzteren mit destillirtem Wasser vorgenommen und so lange fortgesetzt, bis das ablaufende Wasser nur schwache alkalische Reaction auf Curcumapapier zeigte. Beim Auslaugen des Bodens müssen sich also grosse Mengen alkalischer Salze im Wasser gelöst haben und mit demselben aus dem Boden entfernt worden sein, phosphorsaure Erden aber (phosphorsaurer Kalk, Magnesia und Eisenoxyd), deren Menge in der Asche der Gerstenpflanzen sehr bedeutend ist, blieben grösstentheils, da sie im reinen Wasser sehr wenig löslich sind, in dem Boden, so dass derselbe noch immer reich an phosphorsauren Salzen war.

poröse thönerne neue Töpfe, zu 9 bis 11 Körnern in jeden, eingepflanzt. Dieses geschah im Monate April 1852. Zum Begiessen wurde nur destillirtes Wasser genommen. Die Töpfe mit den aufgegangenen Gersten-Pflanzen standen hinter Fenstern, welche nach Nord-Ost gerichtet waren. Der Raum, in welchem der Versuch angestellt wurde, war ein unbewohnter Saal.

Im halben Mai fing man an, die zwei ersten Töpfe, welche beide mit Nr. 1 bezeichnet waren, mit Wasser zu begiessen, dem eine geringe Menge Ammoniak's zugesetzt war, und fuhr damit bis zum 5. Juni fort, von welcher Zeit an wegen des zu kränklichen Aussehens der Pflanzen wieder nur reines Wasser zum Begiessen genommen wurde.

Der dritte und vierte Versuchstopf, beide mit Nr. 2 signirt, hatte nebenbei aufgestellte Porzellannäpfchen mit festem doppeltkohlensauren Ammoniak erhalten, welches während des ganzen Versuchs, je nachdem es verdunstete, durch frische Quantitäten ersetzt wurde. In den Boden wurden also hier direct keine Ammoniaksalze hineingeführt; auch verdient noch erwähnt zu werden, dass die Töpfe Nr. 1 von Nr. 2 durch das mittlere Fenster des grossen dreifenstrigen Saals von einander getrennt standen.

Der fünfte und sechste Topf endlich, beide bezeichnet mit Nr. 3, stand in einer bedeutenden Entfernung von den anderen mit Nr. 1 und Nr. 2 signirten Versuchstopfen in einem anstossenden Zimmer, dessen Fenster dieselbe Lage nach Nord-Ost besaßen. Die Pflanzen dieser Töpfe vegetirten in der gewöhnlichen atmosphärischen Luft.

In den letzten Tagen Juni's kamen die Gerstenpflanzen so ziemlich zu gleicher Zeit zum Blühen, setzten Körner an, und wurden am Anfange August's, nachdem sie völlig ab-

gestorben waren, behufs der weiteren Untersuchung dicht beim Boden abgeschnitten.

Während der Vegetationsperiode beobachtete man Folgendes :

Versuch Nr. 1. (mit ammoniakalischer Bodendüngung). In beiden Töpfen wuchsen die Pflanzen (9 an der Zahl) nur kümmerlich. Sie waren dem Aussehen nach durchaus krank. Von den 9 Pflanzen hatte eine gar keine Blüthen angesetzt, zwei hatten Aehren ohne Körner, die übrigen enthielten zusammen 18 Körner, von denen nur 10 Stück normal entwickelt waren.

Versuch Nr. 2. (mit ammoniakalischer Luftdüngung). Die Vegetation war, wenn man die ungünstigen Bedingungen berücksichtigt, unter denen die 10 Pflanzen dieses Versuches wuchsen, wie z. B. Mangel an directem Sonnenlicht, schlechter mechanischer Zustand des Bodens u. s. w. (was übrigens bei allen drei Versuchen in gleichem Maasse statthatte), gut. Alle Pflanzen, von denen sich die meisten schwach bestaudet hatten, besaßen Aehren. Im Ganzen wurden 73 Körner, von welchen aber viele (38 Stück) wenig entwickelt waren, geerntet.

Versuch Nr. 3. (in gewöhnlicher atmosphärischer Luft). Die Pflanzen dieser beiden Töpfe (11 an der Zahl) wuchsen, mit Ausnahme zweier, welche sehr verkrüppelt aussahen, sehr gut. Sie gaben bei der Erndte 79 Körner von gutem normalen äusseren Aussehen.

Zum Erndten ward, wie schon bemerkt, nicht eher verschritten, als bis sämtliche Pflanzen völlig abgestorben waren. Das geerntete Stroh und die Körner wurden hierauf, jedes einzeln, im Porzellanmörser zu feinem Pulver

zerrieben (beiläufig bemerkt, eine sehr langweilige Arbeit), und, nach Trocknung des Materials bei circa 115° C. im Luftbade, der Stickstoffanalyse nach der Methode von Varentrapp und Will unterworfen 1).

Die nachstehende Tabelle gewährt eine Uebersicht, sowohl über die absoluten Gewichtsmengen der geernteten Substanzen, als wie über den gefundenen Procentgehalt derselben an Stickstoff. Die letzte Rubrik dieser Tabelle giebt den durch Rechnung gefundenen absoluten Stickstoffgehalt der Gesammtterndte.

1) Es möge erlaubt sein, die analytischen Belege zu diesen Stickstoffbestimmungen specieller anzuführen.

Nr. 1. Stroh, erste Analyse ergab 1,572 % Stickstoff
zweite — — 1,647 %

im Mittel 1,609 %

Körner, erste Analyse ergab 3,192 %

zweite — — 3,059 %

im Mittel 3,125 %

Nr. 2. Stroh, erste Analyse ergab 2,254 % Stickstoff.

zweite — — 2,794 %

im Mittel 2,524 %

(leider konnte wegen Mangel an Substanz zur Controlle dieser beiden Analysen keine dritte angestellt werden).

Körner, erste Analyse ergab 4,270 % Stickstoff.

zweite — — 3,972 %

dritte — — 4,158 %

im Mittel 4,133 %

Nr. 3. Stroh, erste Analyse ergab 1,230 % Stickstoff.

zweite — — 0,956 %

dritte — — 0,833 %

im Mittel 1,008 %

Körner, erste Analyse ergab 2,711 %

zweite — — 2,543 %

im Mittel 2,627 %

Tabelle I.

Nr.	Gewicht der Erndte (in Grammen).			Stickstoffgehalt in 100 Th. wasser- freier Substanz.		Absoluter Stickstoff- gehalt der Gesamnt- erndte.
	Stroh.	Körner.	Gesamnt- erndte.	Stroh.	Körner.	
1.	1,100	0,443	1,543	1,609 %	3,125 %	0,031 grm.
2.	3,620	1,590	5,210	2,524 %	4,133 %	0,157 grm.
3.	2,770	2,336	5,106	1,008 %	2,627 %	0,089 grm.

Ein prüfender Blick auf diese Tabelle geworfen lässt es aber ausser Zweifel, dass das Ammoniak sowohl in Nr. 1, wo es als Bodendüngung, wie in Nr. 2, wo es als Luftdüngung angewendet ward, zur Vermehrung der Protein-substanzen der Erndte gedient haben müsse; obwohl der grosse Unterschied zwischen der Wirkung (nämlich viel günstigeren) des Ammoniaks als Luftdüngungsmittel, gegen-über der weniger günstigen als Bodendüngungsmittel, eben-falls nicht unerkannt bleiben kann. Denn ordnen wir die geernteten Substanzen nach ihrem Reichthum an Protein-stoffen, für welche uns ja der gefundene Stickstoff als Ausdruck gilt, so finden wir, dass, mit Hinweglassung über-flüssiger Decimalstellen,

1000 Theile in d. gewöhnlichen Atmosphäre

gewachsenen Strohes 10 Theile Stickstoff

bei ammoniakalischer Bodendüngung

gewachsenen Strohes 16 — „ —

bei ammoniakalischer Luftdüngung

gewachsenen Strohes 25 — „ —

1000 Theile in der gewöhnlichen Atmo-
 sphäre gewachsener Körner . 26 Theile Stickstoff
 bei ammoniakalischer Bodendüngung
 gewachsener Körner 31 — „ —
 bei ammoniakalischer Luftdüngung
 gewachsener Körner 41 — „ —
 enthielten.

Es versteht sich von selbst, dass der absolute Stickstoff-
 gehalt des Gesammttrages nicht gebraucht werden kann,
 um eine geeignete Einsicht in die Wirkungsweise eines stick-
 stoffhaltigen Düngungsmittels zu erhalten, obschon ein solcher
 Fehler sehr häufig begangen wird.

So ist z. B. im vorliegenden Fall der geringe absolute
 Stickstoffgehalt in Nr. 1 offenbar abhängig von der geringen
 Gesammtrendte an Stroh und Körnern, welcher wiederum
 durch den so spärlichen Stand der betreffenden Versuchs-
 pflanzen bedingt ward ¹⁾. Wollte man nun, wie so häufig
 bei ähnlichen Fällen geschehen, etwa folgenden Schluss ziehen:

„Bei dem Wachsen der Pflanzen in blosser atmosphäri-
 scher Luft wurden 89 Theile (Grammen, Pfunde oder Cent-
 ner), bei Bodendüngung mit Ammoniak dagegen nur 31 Theile
 (Grammen, Pfunde oder Centner) Stickstoff geerntet, also
 geht daraus hervor, dass Ammoniak nicht zur Bildung von

1) Dieser ungünstige Stand der Versuchspflanzen in Nr. 1 war ohne
 Zweifel eine Folge von zu grossem Gehalt des zum Begiessen gebrauchten
 Wassers an kohlensaurem Ammoniak, welcher Körper ja noch ausserdem auf
 die schwer löslichen Bestandtheile des Bodens aufschliessend gewirkt haben
 mag, wodurch vielleicht den Pflanzenwurzeln eine zu grosse, den Process der
 Endosmose störende Menge von Salzen zugeführt wurde. Wie geringe
 Mengen von löslichen Salzen aber schon hinreichend sind, um die Vegetation
 zu stören, sieht man bei den Versuchen von Magnus, wo schon ein Pro-
 cent löslicher (Kali- und Natron-) Salze nachtheilig wirkte. (Vergl. Len-
 gerke's Annalen der Landwirthschaft, Berlin 1851. Bd. XVIII. S. 13.)

Proteinsubstanzen gebraucht worden war;“ so sieht Jedermann ein, welcher Fehlschluss dieses sein würde.

Oder wollte man, wie ebenfalls häufig geschehen, in der Art schliessen:

„Bei dem Wachsen der Pflanzen in blosser Luft wurden 5,106 Theile (Grammen, Pfunde oder Centner), bei ammoniakalischer Bodendüngung aber nur 1,543 (Grammen, Pfunde oder Centner) organischer Substanz gewonnen, da nun jedenfalls in 5,406 Gewichtstheilen einer Erndte absolut mehr Proteinsubstanzen sein werden, als in 1,543 Gewichtstheilen einer anderen Erndte derselben Pflanze, so folgt daraus, dass Ammoniak (welches ja im letzten Fall als Düngungsmittel angewendet ward) nicht zur Bildung von Proteinsubstanzen gebraucht werden konnte;“ so würde man einen ebenso grossen Fehler begehen.

Zur Lösung der gestellten Frage kann nur, wir wiederholen es, die Betrachtung des Procentengehalts der Erndte an Stickstoff dienen; bei solcher Betrachtung aber ist die Wirkung des Ammoniak's auf Vermehrung der Proteinsubstanzen zweifellos.

Eigene Versuche

(angestellt im Jahre 1853).

Diese zweite Versuchsweise ward angestellt, theils um die in der ersten Versuchsreihe gewonnenen Resultate zu bestätigen, theils um bei dieser Gelegenheit einige andere, mit der Assimilation von stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln seitens der Pflanzen in nächster Verbindung stehende Verhältnisse zu prüfen, namentlich aber um den Einfluss ken-

nen zu lernen, welchen die phosphorsauren Salze des Bodens auf reichlichere Bildung von Proteinsubstanzen ausüben.

Zu diesen Untersuchungen wurde wie früher Gerste gewählt. Der Boden bestand auch dieses Mal aus durchgeseibtem geglühten gelben Sande, welchem der grösseren Bündigkeit wegen eine geringe Menge von feingemahlenem gut ausgeglühtem plastischen Thone zugesetzt war. Als Dünger ward Feldspath, welchen man vorher durch Glühen mit kohlensaurem Kalk (Kreide) aufgeschlossen* hatte, unter sorgfältigem Mengen hinzugefügt. Die zum Versuche angewendeten 18 Gefässe waren ungebrauchte poröse Thontöpfe, auf deren Boden bis zum dritten Theil der Höhe des ganzen Gefässes ausgeglühte Thonscherben, behufs des leichteren Abzugs des Wassers, gelegt waren.

In jeden so vorgerichteter Töpfe schüttete man circa $1\frac{1}{2}$ Kilogramme des eben beschriebenen Bodens und bildete aus den zum Versuche bestimmten mit fortlaufenden Nummern bezeichneten 18 Töpfen drei Abtheilungen (*A*, *B*, *C*), so dass also eine jede Abtheilung aus 6 Töpfen bestand.

Die Abtheilung *A* enthielt die Versuchstöpfe 1, 2, 3, 10, 11, 12.

Die Abtheilung *B* enthielt die Versuchstöpfe 4, 5, 6, 13, 14, 15 und unterschied sich von der vorhergehenden (der Abtheilung *A*) dadurch, dass hier dem Boden jedes Topfes noch eine Quantität (2 grm.) durch Schwefelsäure zersetzter Knochenasche¹⁾ hinzugefügt worden war, um die Menge ursprünglich im Boden vorhandener phosphorsaurer Salze zu vermehren.

1) Zur Darstellung dieses Präparates wurden weissgehrante Knochen mit concentrirter Schwefelsäure (75 %) übergossen, das Ganze bis zum Trocknen eingedampft und fein zerrieben.

Die Abtheilung *C* umfasste die Versuchstöpfe 7, 8, 9, 16, 17, 18. Bei ihr wurde jedem Topfe eine noch grössere Menge (20 grm.) durch Schwefelsäure zersetzter Knochenasche hinzugemischt.

Hierauf wurden am 9. Juni in jeden Topf 10 keimende Gerstenkörner ¹⁾ eingelegt und diejenigen Pflänzchen, die verkümmert aufkamen (was allerdings hin und wieder der Fall war) wieder ausgegraben und an ihre Stelle frische eingepflanzt. Das Begiessen ward, so oft nöthig, stets mit destillirtem Wasser bewerkstelligt.

Am 10. Juli, als die Pflanzen aller Töpfe angefangen hatten zu blühen, ward jede der mit *A*, *B* und *C* bezeichneten aus 6 Töpfen bestehenden Abtheilungen getheilt, und zwar in der Weise, dass die Nrn. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 am Fenster eines besonderen Zimmers, die Nummern 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18 aber am Fenster eines anderen Zimmers ihre Aufstellung erhielten. In der Nähe dieser letzteren 9 Töpfe stellte man Porzellannäpfchen, theils mit trockenem kohlen-sauren Ammoniak, theils mit einem Gemenge von Kalkhydrat und Salmiak gefüllt, auf, so dass sich die Gegenwart von Ammoniakdämpfen deutlich durch den Geruch zu erkennen gab, wenn man in die Nähe dieser besonders aufgestellten Töpfe trat. Wir werden im Nachstehenden, der Kürze wegen, die mit ammoniakreicher Luft umgebenen Hälften der Abtheilungen *A*, *B*, *C* durch ein hinzugefügtes *N* (*Nitrogenium*) auszeichnen, also mit *AN*, *BN* und *CN*.

Die nachstehende Tabelle giebt eine Uebersicht über

1) Es wurde eine grössere Anzahl möglichst gleichmässig aussehender Gerstenkörner zwischen feuchter Leinwand zum Keimen gebracht, und von ihnen wiederum nur solche, die am kräftigsten keimten, zum Versuche ausgewählt.

die Gruppierung der Töpfe, so wie über die künstlich herbeigeführte Verschiedenheit der Einflüsse, unter denen die Versuchspflanzen wachsen mussten.

Tabelle II.

Töpfe Nr. 1 bis 9.			Töpfe Nr. 10 bis mit 18.		
in gewöhnlicher atmosphärischer Luft wachsend.			in atmosphärischer sehr ammoniakreicher Luft wachsend.		
Nr. 1, 2, 3.	Nr. 4, 5, 6.	Nr. 7, 8, 9.	Nr. 10, 11, 12.	Nr. 13, 14, 15.	Nr. 16, 17, 18.
künstlicher Boden ¹⁾ .	künstlicher Boden, mit 0,13 % durch Schwefelsäure aufgeschlossener Knochenasche.	künstlicher Boden, mit 1,33 % durch Schwefelsäure aufgeschlossener Knochenasche.	künstlicher Boden.	künstlicher Boden, mit 0,13 % durch Schwefelsäure aufgeschlossener Knochenasche.	künstlicher Boden, mit 1,33 % durch Schwefelsäure aufgeschlossener Knochenasche.
A	B	C	AN	BN	CN

Im Verlaufe der Vegetation wurde übrigens Folgendes bemerkt: Die Abtheilung **C** und **CN** stand besser und fing auch früher als alle übrigen an zu blühen. Am wenigsten gut zeigte sich dagegen die Vegetation in der Abtheilung **A** und **AN**, welche keinen Zusatz von mit Schwefelsäure aufgeschlossener Knochenasche erhalten hatte. Ferner hatten sich die Pflanzen in den Abtheilungen **AN**, **BN** und **CN** stärker bestaudet; auch setzten die Pflanzen **BN** und **CN** eine viel grössere Anzahl von Körnern an, obwohl unter diesen viele nicht zur vollständigen Entwicklung gelangten.

1) Wie schon bemerkt, so bestand dieser künstliche Boden aus Sand, Thon und durch Kalk aufgeschlossenem Feldspath.

In den Monaten September und October wurden die Pflanzen jeder Abtheilung, nachdem sie vollständig abgestorben waren, behufs der weiteren Untersuchung dicht beim Boden abgeschnitten, Stroh und Körner, jedes besonders, auf das feinste zerrieben, und der Stickstoff derselben nach der Methode von Varrentrapp und Ville bestimmt ¹⁾).

1) Die analytischen Belege zu diesen Stickstoffuntersuchungen erlauben wir uns im Nachstehenden speciell anzuführen.

Abtheilung A.

Stroh; erste Analyse	ergab	1,4938 %	Stickstoff.
zweite	—	1,5688 %	—
im Mittel		1,5313 %	—
Körner; erste Analyse	ergab	3,4608 %	—
zweite	—	3,6061 %	—
im Mittel		3,5334 %	—

Abtheilung B.

Stroh; erste Analyse	ergab	1,3937 %	Stickstoff.
zweite	—	1,3333 %	—
im Mittel		1,3635 %	—
Körner; erste Analyse	ergab	2,9695 %	—
zweite	—	2,9375 %	—
im Mittel		2,9535 %	—

Abtheilung C.

Stroh; erste Analyse	ergab	1,0287 %	Stickstoff.
zweite	—	0,9729 %	—
im Mittel		1,0008 %	—
Körner; erste Analyse	ergab	2,6830 %	—
zweite	—	2,5948 %	—
im Mittel		2,6389 %	—

Abtheilung AN.

Stroh; erste Analyse	ergab	1,9075 %	Stickstoff.
zweite	—	1,8924 %	—
im Mittel		1,8999 %	—
Körner; erste Analyse	ergab	3,7718 %	—
zweite	—	3,7676 %	—
im Mittel		3,7697 %	—

Abtheilung BN.

Stroh; erste Analyse	ergab	1,7223 %	Stickstoff.
zweite	—	1,8484 %	—
im Mittel		1,7853 %	—

Die nachstehende Tabelle erlaubt eine Uebersicht nicht nur über die absolute Gewichtsmenge der geernteten Substanzen (im Ganzen, so wie an Stroh und Körnern besonders), sondern auch über den gefundenen Procentgehalt derselben an Stickstoff. Die letzte Rubrik dieser Tabelle giebt den durch Rechnung gefundenen absoluten Stickstoffgehalt der Gesammterndte.

Tabelle III.

Nr.	Gewicht der Erndte (in Grammen).			Stickstoffgehalt in 100 Th. wasser- freier Substanz.		Absoluter Stickstoff- gehalt der Gesammterndte.
	Stroh.	Körner.	Gesammterndte.	Stroh.	Körner.	
A	7,320	1,846	9,166	1,5313 $\frac{0}{0}$	3,5334 $\frac{0}{0}$	0,177
B	8,850	5,704	14,554	1,3635 $\frac{0}{0}$	2,9535 $\frac{0}{0}$	0,287
C	13,105	12,980	26,085	1,0008 $\frac{0}{0}$	2,6389 $\frac{0}{0}$	0,473
AN	7,310	1,132	8,442	1,8999 $\frac{0}{0}$	3,7697 $\frac{0}{0}$	0,180
BN	16,310	3,997	20,307	1,7853 $\frac{0}{0}$	3,4686 $\frac{0}{0}$	0,430
CN	15,700 ¹⁾	13,033	28,733	1,5260 $\frac{0}{0}$	3,4374 $\frac{0}{0}$	0,687

Körner; erste Analyse ergab	3,4724 $\frac{0}{0}$	—
zweite — —	3,4648 $\frac{0}{0}$	—
im Mittel	3,4686 $\frac{0}{0}$	—

Abtheilung CN.

Stroh; erste Analyse ergab	1,4790 $\frac{0}{0}$	Stickstoff.
zweite — —	1,5730 $\frac{0}{0}$	—
im Mittel	1,5260 $\frac{0}{0}$	—

Körner; erste Analyse ergab	3,3968 $\frac{0}{0}$	—
zweite — —	3,3368 $\frac{0}{0}$	—
ditte — —	3,5786 $\frac{0}{0}$	—
im Mittel	3,4374 $\frac{0}{0}$	—

1) Im Topfe Nr. 17 wuchsen die Pflanzen, ohne erkennbaren Grund, sehr kümmerlich, daher auch der geringe Ertrag an Stroh in der Abtheilung CN, zu welcher ja der Versuchstopf Nr. 17 gehörte.

Diese Tabelle bietet mehrfachen Stoff zu Betrachtungen dar.

Halten wir uns jedoch in diesem Augenblicke nur an das zunächstliegende, in wie fern nämlich durch diese im Jahre 1853 angestellte Reihe von Versuchen dasjenige, was wir aus den im Jahre 1852 von uns angestellten Versuchen ermittelten, bestätigt wird, so erkennt man eine vollständige Uebereinstimmung.

Aus der im Jahre 1852 angestellten Reihe von Versuchen folgerten wir nämlich, dass das Ammoniak zur Vermehrung von Proteinsubstanzen der Erndte gedient haben müsse; dasselbe Resultat geht aber auch aus den im Jahre 1853 angestellten, so eben beschriebenen Versuchen unläugbar und zwar, weil diese letzteren Versuche zahlreicher sind, noch viel sicherer hervor. In allen Fällen, wie verschieden auch die anderen äusseren Einwirkungen auf die Pflanzen sein mochten, sprach sich die Wirkung des Ammoniak's durch den bei der Analyse gefundenen grösseren procentischen Stickstoffgehalt der geernteten Substanzen sehr scharf aus, wie es durch nachstehende tabellarische Zusammenstellung, unter vergleichender Mitführung der Resultate vom Jahre 1852, und unter Weglassung überflüssiger Decimalstellen, noch anschaulicher gemacht werden kann:

Tabelle IV.

Stickstoffgehalt in 1000 Theilen Gerstenstroh und Gerstenkörnern.

In gewöhnlicher atmosphär. Luft erwachsen.			In atmosphär., sehr ammo- niakal. Luft erwachsen.		
	Stickstoff im Stroh	Stickstoff in den Körnern		Stickstoff im Stroh	Stickstoff in den Körnern
im Jahre 1853.			im J. 1853.		
Abtheil. <i>A</i>	15	35	Abtheil. <i>AN</i>	19	38
„ <i>B</i>	14	30	„ <i>BN</i>	18	35
„ <i>C</i>	10	26	„ <i>CN</i>	15	34
im J. 1852.	10	26	im J. 1852.	25	41

Untersuchen wir aber, zu welchen anderen Betrachtungen diese im Jahre 1853 angestellten Versuche veranlassen, so möchten es etwa folgende sein.

Erstens: Mit Rücksicht auf den Gesammttertrag an organischer Substanz (Stroh und Körner) erkennt man, dass derselbe sowohl innerhalb der Abtheilungen *A*, *B*, *C*, so wie in den Abtheilungen *AN*, *BN*, *CN* mit dem Zusatz von Knochenasche (durch Schwefelsäure aufgeschlossen) steigt, und zwar spricht sich dieses Steigen in einem stärkeren Verhältniss bei den Körnern als bei dem Stroh aus (vergl. Tab. III). Wir sind aber geneigt die Ursache dieser Erscheinung in der reicher und reicher auftretenden Menge von phosphorsauren Salzen des Bodens zu erkennen; und wenn wir ferner aus der letzten Rubrick der Tabelle III ersehen, dass in gleichem Maasse der absolute Stickstoffgehalt der Gesammtternde steigt, so halten wir uns zu dem Ausspruche berechtigt, dass die phosphorsauren Salze ihrerseits

ein Bedingniss abgaben zur Assimilation von Ammoniak und daraus hervorgehender reicheren Bildung von Proteinsubstanzen. Diese Beobachtung ist übrigens keinesweges neu, sondern nur eine Bestätigung dessen, was im Bereiche agriculturchemischer Forschungen wohl bekannt ist. Wir bedauern nur, dass es uns aus Zeitmangel nicht vergönnt war, diesen Ausspruch auch durch die Analyse der betreffenden Pflanzenasche weiter festzustellen, da wir die Ueberzeugung haben, dass die Asche desjenigen Strohes oder derjenigen Körner, welche am reichsten an Stickstoff befunden worden ist, auch am reichsten an phosphorsauren Salzen sein werde. Wir behalten uns diesen analytischen Nachweis für eine spätere Zeit vor.

Zweitens: Der Procentengehalt an Stickstoff (wohl zu unterscheiden von dem absoluten Gehalt an Stickstoff, welcher, wie oben gezeigt ward, steigt) nimmt sowohl beim Stroh als bei den Körnern in allen Fällen ab, je mehr der Gehalt des Bodens an Knochenasche steigt. Ordnen wir daher die analytisch gewonnenen Resultate nach diesem Gesichtspunkte, so erhalten wir folgende Tabelle ¹⁾:

1) Wir haben in dieser Tabelle nicht den gefundenen Stickstoff, sondern die daraus berechneten Proteinsubstanzen ($15,7 \text{ Stickstoff} = 100 \text{ Proteinsubstanzen}$) und zwar mit Weglassung überflüssiger Decimalstellen angegeben.

Tabelle V.

100 Theile von Stroh und Körnern enthielten

Proteinsubstanzen :

	im künstlichen Boden (ohne weiteren Zusatz)		im künstlichen Boden, welcher 0,13 % mit Schwefelsäure aufgeschloss. Knochenasche enthielt.		im künstlichen Boden, welcher 1,33 % mit Schwefelsäure aufgeschloss. Knochenasche enthielt.	
	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner
in gewöhnl. atmosphär. Luft gewachsen ...	9,75 %	22,51 %	8,68 %	18,81 %	6,37 %	16,81 %
in atmosph. sehr ammoniak. Luft gewachsen ...	12,10 %	24,01 %	11,37 %	22,09 %	9,72 %	21,89 %

Nun liegt aber auf der Hand, dass Stroh oder Körner, welche, mit anderem Stroh oder Körnern verglichen, einen kleineren Procentengehalt an Stickstoff oder, was ja dasselbe ist, an Proteinsubstanz besitzen, in demselben Maasse reicher an stickstofffreien organischen Substanzen sein müssen. Man kann den Satz daher auch umkehren, und sagen: der Procentengehalt an stickstofffreien organischen Bestandtheilen sowohl beim Stroh als bei den Körnern nimmt zu, je mehr der Gehalt des Bodens an Knochenasche steigt. Eine solche Umkehrung vorausgesetzt, so nimmt die Tabelle V folgende Gestalt an:

Tabelle VI.

100 Theile von Stroh und Körnern enthalten stickstofffreie organische Bestandtheile ¹⁾:

	im künstlichen Boden (ohne weiteren Zusatz)		im künstlichen Boden, welcher 0,13 % mit Schwefelsäure aufgeschloss. Knochenasche enthielt.		im künstlichen Boden, welcher 1,33 % mit Schwefelsäure aufgeschloss. Knochenasche enthielt.	
	Stroh	Körner	Stroh	Körner	Stroh	Körner
in gewöhnl. atmosphär. Luft gewachsen	90,25 %	77,49 %	91,32 %	81,19 %	93,63 %	83,19 %
in atmosph. sehr ammoniak. Luft gewachsen	87,90 %	75,99 %	88,63 %	77,91 %	90,28 %	78,11 %

Dieses Verhältniss, welches sich von den verschiedenen auf die Versuchspflanzen einwirkenden atmosphärischen Einflüssen ganz unabhängig darstellt, ist unseres Bedünkens der mit Schwefelsäure zersetzten Knochenasche zuzuschreiben, welches Präparat aufschliessend auf die kieselsauren Alkalien des Feldspathes im künstlichen Boden wirkte. Welchen Antheil die Schwefelsäure an der reichlicheren Bildung von stickstofffreien organischen Bestandtheilen des Strohes, so wie der Körner genommen habe, wollen wir dahingestellt sein lassen, obschon wir nicht abgeneigt sind, auch ihr einen

1) Der procentische Gehalt der geernteten Materialien an stickstofffreien organischen Bestandtheilen ist durch Rechnung aus dem bekannten procentischen Gehalt an Proteinsubstanzen ermittelt worden. Da man die Aschenbestandtheile dabei ausser Acht liess, so brachte man dadurch einen kleinen Fehler in die Zahlen dieser Tabelle, der jedoch nicht gross genug ist, um diese Zusammenstellung für unsern vorliegenden Zweck unbrauchbar zu machen.

nicht unwesentlichen Einfluss neben den kieselsauren Salzen zuzuschreiben, hat ja doch schon Hr. Prof. Petzholdt vor beinahe 10 Jahren die Vermuthung ausgesprochen, dass der Schwefelsäure diese Rolle zukommt ¹⁾).

Schlussfolgerungen.

Indem wir auf die Gesammtheit des Inhaltes der vorstehenden Abhandlung zurückblicken, scheint es uns nicht unpassend, als Schluss des Ganzen einige Sätze aufzustellen, die sich aus der bisherigen Untersuchung der Frage, wo nimmt die Pflanze den ihr nöthigen Stickstoff her, folgern lassen.

1) Organische stickstoffhaltige Substanzen des Bodens können nicht als Nahrungsmittel angesehen werden, aus denen die Pflanze den Stickstoff zur Bildung ihrer Proteinstoffe entnimmt.

2) Die Salpetersäure ist kein Nahrungsmittel, welches den Pflanzen den Stickstoff darreicht.

3) Der freie Stickstoff der Atmosphäre dient den Pflanzen nicht zur Nahrung.

4) Das Ammoniak ist das einzige Nahrungsmittel, welches Seitens der Pflanzen zur Bildung der Proteinstoffe assimilirt wird.

1) Vergl. A. Petzholdt's Agriculturchemie, Leipzig 1846, wo es S. 416 heisst: „und zwar haben wir guten Grund zu behaupten, dass die Bildung der stickstofffreien näheren Pflanzenbestandtheile ausser von dem Vorhandensein von Kohlensäure und Wasser, noch ganz insbesondere abhängig ist von dem Vorhandensein der Alkalien, des Kalkes, des Chlors, der Schwefelsäure und der Kieselsäure, während die Bildung der stickstoffhaltigen näheren Pflanzenbestandtheile ausser dem Vorhandensein von Wasser, Kohlensäure und Ammoniak, noch ganz insbesondere die Gegenwart von Phosphorsäure, Magnesia, Eisen erfordert.“

5) Die Versuche Ville's leiden an zu bedeutenden Fehlerquellen, als dass die durch sie erhaltenen Resultate richtig sein können.

6) Boussingault hat durch seine Versuche im Jahre 1851 — 1853 zuerst mit Sicherheit experimentell bewiesen, dass der freie Stickstoff der Atmosphäre Seitens der Pflanzen nicht assimilirt werde.

7) Wir wagen es, uns einzubilden, dass wir durch unsere Untersuchung wesentlich dazu beigetragen haben, dass die Thatsache der Pflanzenernährung durch Ammoniak, welche seit Liebig's theoretischen Untersuchungen als feststehend gelten konnte, auch ihre experimentelle Begründung, an welcher es bis jetzt noch fehlte, erhalten hat.

8) Ammoniak kann nur assimilirt, oder (was dasselbe ist) Proteinsubstanzen können nur gebildet werden, wenn phosphorsaure Salze im Boden vorhanden sind.

9) Der Landwirth hat es in seiner Hand, je nach Bedürfniss, bald stickstoffreichere, bald stickstoffärmere Pflanzen durch die Cultur zu erziehen.

10) Die stickstoffhaltigen Düngungsmittel sind zur Production möglichst proteinreicher Erndten unentbehrlich.

Beilage I.

So eben erfahren wir durch Nr. 14 der Comptes rendus (Tome XXXIX. S. 601 ff.), dass am 2. October des verfloßenen Jahres Boussingault das Resultat seiner neuesten Versuche, zu denen er durch die Einwendungen Ville's sich veranlasst sah, der Pariser Academie mitgetheilt hat.

Diese Resultate sind der Art, dass durch sie die frühere auf im Jahre 1851 — 1853 angestellte Versuche gestützte Behauptung Boussingault's, dass der freie Stickstoff der Atmosphäre Seitens der Pflanzen nicht assimilirt werden könne (gegen welche Behauptung bekanntlich Ville auftrat), ihre vollkommene Bestätigung gefunden hat.

Boussingault zieht aus diesen seinen neuesten Untersuchungen vorzugsweise folgende 3 Schlüsse:

1) Dass eine Pflanze, auch wenn sie in einem völlig abgeschlossenen Luftraume, ohne alle Erneuerung der atmosphärischen Luft, wachsen muss, ihre vollkommene Ausbildung erlange (was ja Ville bezweifelte), wenn nur Seitens des Bodens alles, was zur Ernährung der Pflanze (inclusive Ammoniak) nöthig, dargereicht wird.

2) Dass eine Pflanze, auch wenn ein fortwährender Wechsel völlig ammoniakfreier Luft stattfindet, dennoch das Stickgas derselben nicht assimilire (Ville behauptete das Gegentheil).

3) Dass eine Pflanze, wenn sie bei ungehindertem Zutritt der gewöhnlichen atmosphärischen Luft, aber vor Regen geschützt, wächst, bei der Untersuchung nicht mehr Proteinsubstanzen zeigt, als im Saamen, woraus die Pflanze hervorzugs, enthalten waren.

Indem wir diese Notiz unserer bereits druckfertigen Abhandlung nachsenden, bemerken wir nur noch, dass die letzte (die dritte) der Schlussfolgerungen Boussingault's einer weiteren Untersuchung sehr bedürftig sein möchte, ohne dass es uns jetzt noch möglich ist, auf diesen Gegenstand weiter einzugehen ¹⁾; auch ist ein solches Eingehen unsererseits im Augenblicke um so weniger nöthig, als diese Behauptung nichts enthält, was unserem Satze, dass die Proteinsubstanzen der Gewächse nur aus assimilirtem Ammoniak stammen, widerspricht.

1) Nur auf einen Umstand wollen wir vorläufig aufmerksam machen.

Unsere Versuchspflanzen (Gerste), welche in gewöhnlicher atmosphärischer Luft und zwar ebenfalls vor Regen geschützt wuchsen, producirten dennoch nicht unbedeutende Mengen von Proteinsubstanzen, wie aus dem Nachstehenden hervorgehen wird.

Die Gerstenpflanzen, welche in gewöhnlicher atmosphärischer Luft und vor Regen geschützt im Jahre 1852 wuchsen, gaben (die Erndterückstände nicht mitgerechnet) einen Gesamtertrag von 5,106 grm. Stroh und Körnern, worin 0,089 grm. Stickstoff. Die ausgelegten Saamen (11 Stück = 0,4116 gr.) enthielten 0,00938 grm. Stickstoff, folglich stellt sich (selbst bei der Annahme, dass sämmtlicher Stickstoff des Saamens zur Bildung der Proteinsubstanzen der neuen Pflanzen verbraucht wurde), ein Ueberschuss von 0,0796 grm. geernteten Stickstoffs heraus.

Die Gerstenpflanzen, welche ebenfalls in gewöhnlicher atmosphärischer Luft und vor Regen geschützt im Jahre 1853 wuchsen, gaben (ohne die Erndterückstände) einen Gesamtertrag (an Stroh und Körnern):

Abtheilung A: 9,166 grm., worin 0,177 grm. Stickstoff.

— B: 14,554 — — 0,287 — —

— C: 26,085 — — 0,473 — —

Die bei A eingelegten Saamen (29 Stück) enthielten 0,0247 grm. Stickstoff.

— B — — (28 Stück) — 0,0238 — —

— C — — (28 Stück) — 0,0238 — —

Demnach stellt sich auch hier ein Ueberschuss von geerntetem Stickstoff heraus, und zwar

bei A 0,15223 grm. Stickstoff.

bei B 0,26311 „ „

bei C 0,44911 „ „ ;

also ein von der Beobachtung Boussingault's durchaus abweichendes Ergebniss.

Beilage II.

(Zur Anmerkung auf S. 33.)

Aus gewissen Gründen fühlen wir uns veranlasst, den directen Befund unserer Stickstoffbestimmungen (betreffend die im J. 1853 angestellte Reihe von Versuchen) ausführlich mitzutheilen.

Abtheilung A.

Stroh:

1.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	6,363	Grm.
		— ohne —	6,1595	„
		Gewicht des Strohes	0,2035	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,3415	Grm.
		— — ohne —	13,293	„
		Platinsalmiak	0,0485	Grm. =
		0,00304 Grm. =	1,4938 %	Stickstoff.
2.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	9,8685	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,2760	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,28	Grm.
		— — ohne —	13,211	„
		Platinsalmiak	0,069	Grm. =
		0,00433 Grm. =	1,5688 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	1,5313 %	„

Körner:

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen	9,752	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,1595	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,229	Grm.
		— — ohne —	14,141	„
		Platinsalmiak	0,088	Grm. =
		0,00552 Grm. =	3,4608 %	Stickstoff.
2.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen	6,355	Grm.
		— ohne —	6,1595	„
		Gewicht der Körner	0,1955	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,4125	Grm.
		— — ohne —	13,3	„
		Platinsalmiak	0,1125	Grm. =
		0,00705 Grm. =	3,6061 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	3,5334 %	„

Abtheilung B.

Stroh:

1.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	9,7855	Grm.	
		— ohne —	9,5925	„	
		Gewicht des Strohes	0,1930	Grm.	
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,3315	Grm.	
		— — ohne —	13,2865	„	
		Platinsalmiak	0,0430	Grm. =	
		0,0269 Grm. =	1,3937 %	Stickstoff.	
		2 Uhrgläser mit Stroh wogen	6,355	Grm.	
		— ohne —	6,1585	„	
		Gewicht des Strohes	0,1950	Grm.	
2.	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,2455	Grm.	
		— — ohne —	13,201	„	
		Platinsalmiak	0,0415	Grm. =	
		0,0026 Grm. =	1,3333 %	Stickstoff.	
		im Mittel zweier Untersuchungen		1,3635 %	„

Körner:

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,806	Grm.		
		— ohne — . . .	9,5925	„		
		Gewicht der Körner	0,2135	Grm.		
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,24	Grm.		
		— — ohne —	14,139	„		
		Platinsalmiak . . .	0,101	Grm. =		
		0,00634 Grm. =	2,9695 %	Stickstoff.		
		2.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,8005	Grm.
				— ohne — . . .	9,5925	„
				Gewicht der Körner	0,2080	Grm.
2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,231			Grm.		
— — ohne —	14,1335			„		
Platinsalmiak . . .	0,0975			Grm. =		
0,00611 Grm. =	2,9375 %			Stickstoff.		
im Mittel zweier Untersuchungen	2,9535 %			„		

Abtheilung C.

Stroh:

1.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	9,784	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,1915	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,2485	Grm.
		— — ohne —	13,217	„
		Platinsalmiak	0,0315	Grm. =
		0,00197 Grm. =	1,0287 %	Stickstoff.

2.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	6,3815	Grm.
		— ohne —	6,1595	„
		Gewicht des Strohes	0,2220	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,3075	Grm.
		— — ohne —	13,273	„
		Platinsalmiak . . .	0,0345	Grm. =
		0,00216 Grm. =	0,9729	% Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	1,0008	% „

Körner:

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,755	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,1625	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,3085	Grm.
		— — ohne —	13,239	„
		Platinsalmiak . . .	0,0695	Grm. =
		0,004367 Grm. =	2,683	% Stickstoff.
2.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,8245	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,2320	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,3775	Grm.
		— — ohne —	13,2815	„
		Platinsalmiak . . .	0,0960	Grm. =
		0,00602 Grm. =	2,5948	% Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	2,6389	% „

Abtheilung AN.

Stroh:

1.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	9,798	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,2055	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,348	Grm.
		— — ohne —	13,2855	„
		Platinsalmiak . . .	0,0625	Grm. =
		0,00392 Grm. =	1,9075	% Stickstoff.
2.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	6,365	Grm.
		— ohne —	6,1595	„
		Gewicht des Strohes	0,2055	Grm.
	{	2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,229	Grm.
		— — ohne —	14,167	„
		Platinsalmiak . . .	0,062	Grm. =
		0,00389 Grm. =	1,8924	% Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	1,8999	% „

Körner:

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,724	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,1315	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,1825	Grm.
	{	— — ohne —	14,1035	„
		Platinsalmiak . . .	0,0790	Grm. =
		0,004964 Grm. =	3,7718 %	Stickstoff.
	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	6,28	Grm.
		— ohne — . . .	6,1595	„
		Gewicht der Körner	0,1205	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,292	Grm.
2.	{	— — ohne —	13,2195	„
		Platinsalmiak . . .	0,0725	Grm. =
		0,00454 Grm. =	3,7676 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	3,7697 %	„
	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen . . .	9,823	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,2305	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,2795	Grm.
	{	— — ohne —	13,216	„
		Platinsalmiak . . .	0,0635	Grm. =
		0,00398 Grm. =	1,7223 %	Stickstoff.
	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen . . .	6,3905	Grm.
		— ohne — . . .	6,1595	„
		Gewicht des Strohes	0,2310	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,2315	Grm.
2.	{	— — ohne —	14,1635	„
		Platinsalmiak . . .	0,0680	Grm. =
		0,00427 Grm. =	1,8484 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	1,7853 %	„

Abtheilung B.N.

Stroh:

1.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen . . .	9,823	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,2305	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,2795	Grm.
	{	— — ohne —	13,216	„
		Platinsalmiak . . .	0,0635	Grm. =
		0,00398 Grm. =	1,7223 %	Stickstoff.
	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen . . .	6,3905	Grm.
		— ohne — . . .	6,1595	„
		Gewicht des Strohes	0,2310	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,2315	Grm.
2.	{	— — ohne —	14,1635	„
		Platinsalmiak . . .	0,0680	Grm. =
		0,00427 Grm. =	1,8484 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	1,7853 %	„

Körner:

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,928	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,3355	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,299	Grm.
	{	— — ohne —	14,1135	„
		Platinsalmiak . . .	0,1855	Grm. =
		0,011658 Grm. =	3,4724 %	Stickstoff.
	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen . . .	9,928	Grm.
		— ohne — . . .	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,3355	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,299	Grm.

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen	9,7775	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,1850	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,203	Grm.
		— — ohne —	14,101	„
		Platinsalmiak	0,102	Grm. =
		0,00641 Grm. =	3,4648 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	3,4686 %	„

Abtheilung CN.

Stroh:

1.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	4,561	Grm.
		— ohne —	4,298	„
		Gewicht des Strohes	0,263	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	9,938	Grm.
		— — ohne —	9,876	„
		Platinsalmiak	0,062	Grm. =
		0,00389 Grm. =	1,479 %	Stickstoff.
2.	{	2 Uhrgläser mit Stroh wogen	9,8595	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht des Strohes	0,2670	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,2105	Grm.
		— — ohne —	14,1435	„
		Platinsalmiak	0,0670	Grm. =
		0,0042 Grm. =	1,573 %	Stickstoff.
		im Mittel zweier Untersuchungen	1,526 %	„

Körner:

1.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen	9,8495	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,2570	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,293	Grm.
		— — ohne —	14,154	„
		Platinsalmiak	0,139	Grm. =
		0,00873 Grm. =	3,3968 %	Stickstoff.
2.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen	13,17	Grm.
		— ohne —	12,98	„
		Gewicht der Körner	0,19	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	13,304	Grm.
		— — ohne —	13,203	„
		Platinsalmiak	0,101	Grm. =
		0,00634 Grm. =	3,3368 %	Stickstoff.

3.	{	2 Uhrgläser mit Körnern wogen	9,7705	Grm.
		— ohne —	9,5925	„
		Gewicht der Körner	0,1780	Grm.
		2 Uhrgläser mit Filter und Platinsalmiak	14,3115	Grm.
		— — ohne —	14,21	„
		Platinsalmiak . . .	0,1015	Grm. =
		0,00637 Grm. =	3,5786 %	Stickstoff.
		im Mittel dreier Untersuchungen	3,4374 %	„

Berichtigungen.

Seite 7	Zeile 8	v. o.	lies „steht“ statt „stehn“.
— „	— 16 u. 17	v. o.	streiche „seinen Grund.“
— 8	— 15	v. o.	lies „dieses“ statt „dieser.“
— „	— 19	v. o.	lies „Atmosphäre“ statt „Atmosphäre.“
— 9	— 9	v. o.	lies „zweifelhaft“ statt „zweifefhaft.“
— 10	— 8	v. o.	lies „welcher“ statt „welche.“
— 11	— 4	v. o.	lies „diesen Körper“ statt „diesen“
— 12	— 1	v. o.	lies „organischen“ statt „organischem.“
— 14	— 3	v. u.	lies „Stickstoffgehalt“ statt „Stickstoff.“
— 19	— 8	v. u.	lies „azotates“ statt „azotes.“
— 20	— 1	v. u.	lies „Comptes“ statt „Comtes.“
— 24	— 1	v. o.	lies „4 bis 6 Körner“ statt 9 bis 11.“
— 29	— 6	v. u.	lies „Versuchsreihe“ statt „Versuchsweise.“
— 31	— 8	v. u.	lies „ammoniakreicher“ statt „ammoniakareicher.“